การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*

Developing Computational Thinking using STEM-Problem Based Learning in Momentum and Collisions Topic for 10th Grade Students

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์, ธิติยา บงกชเพชร และศิรินุช จินดารักษ์
Nattida Kanlayaprasit, Thitiya Bongkotphet and Sirinuch Chindaruksa
มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University, Thailand
Corresponding Author, E-mail: nattida.taiiy@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ 3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาและเชิงปริมาณ โดยการใช้คะแนนร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับดี เมื่อผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน; สะเต็มศึกษา; การคิดเชิงคำนวณ

*ได้รับบทความ: 20 กรกฎาคม 2564; แก้ไขบทความ: 1 ตุลาคม 2564; ตอบรับตีพิมพ์: 12 ธันวาคม 2564
Received: July 20, 2021; Revised: October 1, 2021; Accepted: December 12, 2021

Abstract

This research aimed to study the results of computational thinking development using problem-based learning management based on STEM education concept on momentum and collisions for Mathayomsuksa 4 students, 2nd semester of the academic year 2020, which was consisted of 40 participants. The research instruments were: 1) problem-based learning management based on the STEM study concept lesson plan, 2) computational thinking measurement model, 3) learning activity work sheet. The researcher performed the qualitative data analysis through the content and quantitative analysis using the percentage scores.

The results of the research were as follow: The results before the study occurred, during the study and after the study using problem-based learning management based on the STEM concept. There was a trend of continuous improvement in computational thinking and the overall development of students' computational thinking was at a good level. When the results of the development of computational thinking in each component were studied, it was found that algorithm was least developed one while the abstraction was the most developed one.

Keywords: Problem Based Learning on STEM Education; STEM Education; Computational Thinking

1. บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน สร้างสังคม และสร้างชาติ เป็นกลไกหลักในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพ สามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุข ในกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการศึกษามีบทบาทสำคัญในการสร้างความได้เปรียบของประเทศเพื่อการแข่งขันและภายใต้ระบบเศรษฐกิจและสังคมประเทศต่างๆ ทั่วโลก โดยความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบก้าวกระโดดที่ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ภูมิภาค และของโลก ทำให้เกิดการปฏิวัติดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (2560) การจัดการศึกษาของไทยจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ วางแผนพัฒนาและเตรียมกำลังคนที่จะเข้าสู่ตลาดงาน จึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้ได้ทั้งความรู้และทักษะ

ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ทักษะที่ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีหนึ่งในนั้นคือ การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนต้องพัฒนา เพราะมีความเกี่ยวข้องในการส่งเสริมทักษะด้านอื่นๆ ในศตวรรษที่ 21 (ภาสกร เรืองรอง, 2561, หน้า 322-330) การส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นต่อนักเรียน เนื่องจากเป็นกระบวนการแก้ปัญหา สามารถพิจารณาปัญหาและจัดระเบียบข้อมูลที่มีเกี่ยวกับปัญหา ทดสอบหาวิธีแก้ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่ช่วยแก้ไขปัญหานั้นได้ (McKenna, 2017) ซึ่งการคิดเชิงคำนวณมีความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน เป็นทักษะที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะเสริมศักยภาพอื่นๆ ในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาของศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้มีการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาฟิสิกส์ พบว่า จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่มีปัญหากับการเรียนฟิสิกส์ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนโดยการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์แบบประยุกต์อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบได้ นักเรียนสามารถท่องจำสูตรและสมการแต่ยังขาดความเข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์อื่นที่แปลกใหม่ สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนยังต้องพัฒนาในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนหรือเป็นระบบ การประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาในรูปแบบอื่นๆ และความเข้าใจนิยามความหมายของสมการยังไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ ทวิช มณีพนา (2563) พบว่า การเรียนฟิสิกส์เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ซึ่งให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อสังเกตค่าความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงด้วยความรู้สึกของตนเอง โดยไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการวัดความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง จะทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน จากการศึกษาของ Lou et al. (2011, pp. 195-215) ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์แก้ปัญหา และใช้วิทยาศาสตร์เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันได้ คือการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ ต้องการสำรวจตรวจสอบหาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน

จากปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาน่าจะสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจากบทเรียนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตลอดจนสามาถคิดวิเคราะห์ และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและเป็นระบบที่ชัดเจน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ และใบกิจกรรม โดยได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และค่าความสอดคล้องความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ 1 ท่าน และครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาเครื่องมือและผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นยืนยันปัญหา 2) ขั้นชี้แจงปัญหา 3) ขั้นวางแผน 4) ขั้นวางแผนการสำรอง 5) ขั้นปรับโครงสร้าง 6) ขั้นประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้นจำนวน 3 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 แผน คะแนนเต็ม 5 ได้ 4.69 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ กิจกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบไปยังไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์ เฉพาะขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหาของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย ซึ่งสถานการณ์ครอบคลุมการใช้การคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ โดยก่อนเรียนมีจำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ กล่องไม้บันจี้จัมพ์ บ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วย 4 ข้อคำถาม รวมจำนวนข้อคำถามในแบบวัดทั้งสิ้น 12 ข้อและกำหนดเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที และหลังเรียนมีจำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ ไข่ไก่ ตู้เย็น ส่งเดลิเวอรี่ ประกอบด้วย 4 ข้อคำถาม รวมจำนวนข้อคำถามในแบบวัดทั้งสิ้น 12 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริครายข้อคำถาม โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1-4 คะแนน ใช้เกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) และในกรณีที่ผู้เรียนเขียนคำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนคนนั้นเพิ่มเติม โดยใช้ข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง คะแนนเต็ม 1 ได้ 0.67 ซึ่งแบบวัดการคิดเชิงคำนวณสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ โดยมีข้อเสนอแนะ คือ ปรับข้อคำถามและภาษาที่ใช้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

3. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมี 1 สถานการณ์ต่อแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ หมวกกันน็อค เบาะนิรภัย และกล่องบรรจุภัณฑ์ รูปแบบของใบกิจกรรมเป็นแบบเขียนตอบ ซึ่งผู้เรียนจะต้องเขียนคำตอบลงในข้อคำถามของใบกิจกรรม ได้แก่ ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาย่อย รูปแบบของปัญหา รายละเอียดที่สำคัญและไม่สำคัญของปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา และระบุความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม เป็นต้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริครายข้อคำถาม โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1-4 คะแนน ใช้เกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104)

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 แผน คะแนนเต็ม 5 ได้ 4.69 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับข้อคำถามให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการออกแบบขั้นตอนวิธีในลักษณะของ Flow chart

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน 12 ข้อ ลักษณะข้อสอบจะเป็นแบบเขียนตอบอัตนัยเพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ซึ่งเป็นข้อคำถามเดียวกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน เมื่อผู้เรียนตอบแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังเลิกเรียน เวลา

16.00 น. โดยเลือกจากผู้เรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจนซึ่งใช้ข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับผู้เรียนจำนวน 3 แผน เป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เรื่องโมเมนตัมและการชน และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยใบกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เมื่อผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นครบทุกแผนแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน 12 ข้อ ลักษณะข้อสอบจะเป็นแบบเขียนตอบอัตนัย ทั้งนี้เมื่อผู้เรียนได้ทำใบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังเลิกเรียน เวลา 16.00 น. โดยการสัมภาษณ์นั้นจะเลือกจากผู้เรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ 1) อ่านเนื้อหา วิเคราะห์และตีความข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน 2) ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน จำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มข้อความจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน 3) จากนั้นจัดกลุ่มนักเรียนจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณที่ได้คะแนนเท่ากันในแต่ละองค์ประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาในแต่ละองค์ประกอบ และ 4) ผู้วิจัยทำการลงข้อสรุปและรวมคะแนนรายบุคคลเพื่อจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณจากเกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณตามเกณฑ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนเกิดการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงขึ้นอย่างเป็นลำดับ กล่าวคือ มีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ

ได้แก่ การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบ และการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 สรุปได้ว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบ และการย่อยปัญหาที่เพิ่มขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหาการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 สรุปได้ว่า นักเรียนมีการพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาที่เพิ่มขึ้น

3. การคิดเชิงนามธรรม การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียน ส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 สรุปได้ว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมที่เพิ่มขึ้น

4. การออกแบบขั้นตอน วิธีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 สรุปได้ว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีที่เพิ่มขึ้น

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยรวมของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่

มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 สรุปได้ว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยรวมที่เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่า มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี และจากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

1. นักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมมากที่สุด จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสอดคล้องกับภาสกร เรืองรอง (2561, หน้า 322-330) กล่าวว่า กระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา โดยมีลำดับขั้นตอนและวิธีการแก้ไขปัญหาจะต้องถูกนำเสนอในรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำแนวคิดลำดับขั้นตอนไปแก้ปัญหาในเชิงนามธรรมจากข้อมูลจำนวนมาก และสามารถหาเหตุผลจากฐานข้อมูลนี้ได้ จากงานวิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนามากที่สุด ใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณารายละเอียดของปัญหา โดยการแยกปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญออกเป็นกลุ่ม ซึ่งใช้ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพื่อนำมาหาวิธีแก้ปัญหา นักเรียนจะสามารถแยกรายละเอียดของปัญหาที่สำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้จากการพิจารณารูปแบบของปัญหาในขั้นก่อนหน้า โดยการพิจารณารายละเอียดและลักษณะของปัญหาเพื่อนำมาหาวิธีแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

2. นักเรียนมีการพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาปานกลาง จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สอดคล้องกับ McKenna (2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณคือทักษะกระบวนการที่นักเรียนค้นหาและพิจารณาปัญหา จัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข จากงานวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาปานกลางใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาโดยพิจารณาจากปัญหาย่อยที่นักเรียนพบ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถพิจารณาได้ว่าปัญหาย่อยที่พบมีรูปแบบของปัญหาคล้ายกัน และนักเรียนไม่สามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่พบได้

3. นักเรียนมีการพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาปานกลาง จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ Brackmann et al. (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณแบบอันปลั๊ก (Computational Thinking Unplugged Activities) เป็นการจัดการเรียนรู้ในแวดวงวิทยาการคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งโดยไม่ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า อินเทอร์เน็ท คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยเฉพาะซึ่งแต่ละกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ เช่น กิจกรรมการแยกส่วนประกอบ (Decomposition Activity) ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้จำแนกปัญหาตามที่ครูกำหนดไว้ในใบงาน และทำการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตามหัวข้อที่ได้รับ ซึ่งกิจกรรมนี้ออกแบบมาเพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) และจากงานวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาปานกลางใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูลกล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการชน โดยสถานการณ์ที่กำหนดเป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนสามารถจินตนาการได้ว่าจะต้องแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างไร เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สถานการณ์เกี่ยวกับการส่งพัสดุเครื่องแก้วโดยให้ออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสถานการณ์นี้มีความใกล้ตัว นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ทำให้นักเรียนมีสามารถระบุปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อง่ายต่อการแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนสามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

4. นักเรียนมีการพัฒนาการออกแบบขั้นตอนวิธีน้อยที่สุด จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ Dwyer et al. (2013, pp. 133-136)

ได้ศึกษาแบบจำลองการเขียนโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ในโรงเรียนประถมศึกษา จัดกิจกรรมการเรียนเรียนรู้ โดยพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายโมเมนตัมและความเร่งของวัตถุ กิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณผ่านการย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธี ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง กิจกรรมนี้สามารถพัฒนาด้านการย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา และจากงานวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาการออกแบบขั้นตอนวิธีเพิ่มขึ้นแต่มีการพัฒนาน้อยที่สุดใน 4 องค์ประกอบ จากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ในการจัดการเรียนรู้ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง และขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ผู้วิจัยให้นักเรียนวางแผนออกแบบวิธีแก้ปัญหาผ่านการยกตัวอย่างการผลิตชิ้นงาน จากนั้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์และให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานว่ามีจุดบกพร่องในส่วนใดบ้างเพื่อแก้ไขและนำไปใช้ได้จริง เมื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงานและพบข้อบกพร่องแล้ว นักเรียนจึงทำการวางแผนการสำรองเพื่อนำไปแก้ไขชิ้นงานในส่วนที่เกิดข้อบกพร่อง ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบและเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้จากการจัดเรียงข้อมูลของปัญหา จากนั้นสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

6. ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ สถานการณ์ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต้องเป็นสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนและมีการบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและใช้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาค้นหาวิธีในการแก้ไขปัญหาได้

1.2 ในขั้นตอนการออกแบบวิธี ครูควรยกตัวอย่างการเขียนวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนมีพื้นฐานในการเขียนวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เนื่องจากผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนลงมือสร้างชิ้นงานก่อนการออกแบบจึงทำให้เกิดการลองผิดลองถูก ซึ่งไม่ผ่านวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาก่อน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนนี้

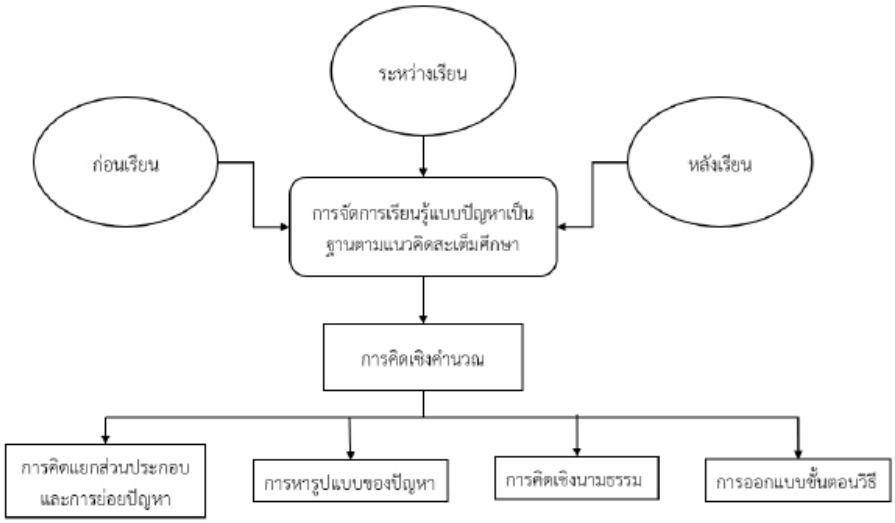
2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาแนวทางในช่วยให้นักเรียนสามารถเตรียมแผนการสำรองในขั้นที่ 4 ของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถจินตนาการได้ถึงข้อบกพร่องของชิ้นงานจึงไม่สามารถวางแผนสำรองไว้ก่อนได้

จากงานวิจัยผู้วิจัยจึงนำขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้างมาทำการสอนก่อนเพื่อให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานและพบข้อบกพร่องของชิ้นงาน

7. องค์ความรู้ที่ได้รับ

หลังจากที่กลุ่มเป้าหมายได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องโมเมนตัมและการชน ทำให้ทราบถึงการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง และขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษาส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบ



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ที่ได้รับ

เอกสารอ้างอิง

ทวิช มณีพนา. (2563). *การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภาสกร เรืองรอง. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(3), 322-330.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). *ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560ข). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

Brackmann, C., et al. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. *The 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE 2017), (pp. 65-72).* Nijmegen, Netherlands: Institute for Computing and Information Sciences, Radboud University.

Dwyer, H., et al. (2013). Computational Thinking for Physics: Programming Models of Physics Phenomenon in Elementary School. *Physics Education Research Conference 2013*, 133-136.

Lou, S. J., et al. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *Journal of Technology and Design Education*, 10798(21), 195-215.

McKenna, J. (2017). *Computational thinking in STEM classroom*. Retrieved from https://robomatter.com/blog-ct-in-stem-classroom/